

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-251018

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/227

H01S 5/022

H01S 5/042

(21)Application number : 2000-058199

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD

(22)Date of filing : 03.03.2000

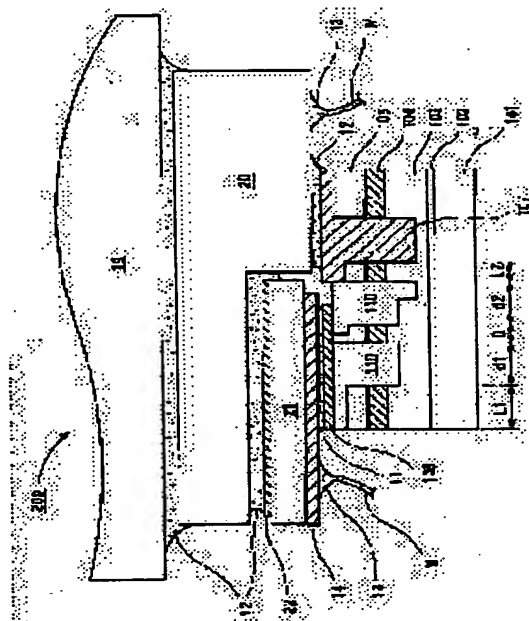
(72)Inventor : ITO MASARU  
KOIKE MASAYOSHI  
NAGAI SEIJI  
YAMAZAKI SHIRO

## (54) GROUP III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively restrict an oscillation current threshold of a semiconductor laser.

**SOLUTION:** A reverse side of an insulation member 21 which is composed of a diamond and has a metal layer 22 is fixed to a sub-mount 20 made of copper with a solder material 12 composed of Au/Sn superior in thermal conductivity. A positive electrode 106 is connected to a lead electrode 14 with a solder material 11 composed of In/Sn, and further a negative electrode 107 is connected to the sub-mount 20 with the solder material 12. With this constitution, heat generated from a resonator is extremely effectively radiated to a side of a heat sink 19 via the insulation member 21 and the sub-mount 20 from the almost entire surface of a plane having a resonator top part. Both insulation walls are composed of SiO<sub>2</sub> of a low refractive index material and are attributable to an optical confining effect in a lateral direction, and respective values of thicknesses d1, d2 thereof, widths L1, L2 of each erosion remains part, a width D of the resonator, etc., are determined to be an optimal value, collectively taking into consideration a current bottleneck effect, a radiation heat effect, a manufacturing yield of a semiconductor wafer to be mass-produced, etc.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-251018  
(P2001-251018A)

(43)公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(51)Int.Cl.	識別記号	FI	テームト(参考)
H01S 5/227		H01S 5/227	5F073
5/022		5/022	
5/042	610	5/042	610

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全12頁)

(21)出願番号 特願2000-58199(P2000-58199)

(22)出願日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(72)発明者 伊藤 優

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小池 正好

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 100087723

弁理士 藤谷 修

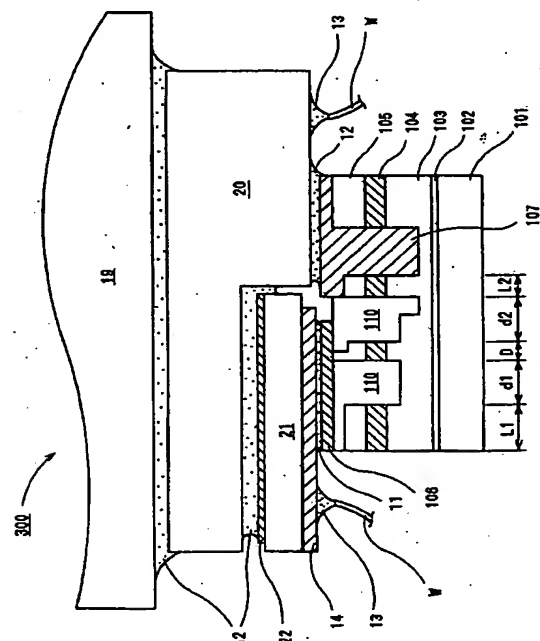
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザの発振電流しきい値を効果的に抑制する。

【解決手段】 ダイヤモンドより成り、金属層22を有する絶縁部材21の裏側は、熱伝導性に優れるAu/Snより成る半田材12により、銅製のサブマウント20に固定されている。正電極106はIn/Snより成る半田材11により、リード電極14に接続されており、更に、負電極107は半田材12によりサブマウント20に接続されている。本構成により、共振器から生じる熱は、共振器平頂部を有する平面の略全面より、絶縁部材21やサブマウント20を介してヒートシンク19側に極めて効率よく放熱される。低屈折率材料のSiO<sub>2</sub>より成り、横方向の光閉じ込め効果に寄与する両絶縁壁の厚さd1、d2や、各浸食残骸部の幅L1、L2、及び共振器の幅D等の各値は、電流狭窄効果、放熱効果、量産される半導体ウエハの歩留り等を総合的に考慮して好適値を決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の上に III 族窒化物系化合物半導体から成る複数の半導体層を積層することにより形成される半導体レーザにおいて、

前記複数の半導体層の最上面である第 1 伝導型半導体層の上面より、少なくとも第 2 伝導型半導体層の上面に至るまでをエッチングすることにより形成された、メサ形状又はリッジ形状等の略平頂な島型の共振器を有し、共振方向に平行な前記共振器の少なくとも片側の側壁に、前記共振器の平頂部のストライプ幅よりも厚い絶縁壁を有し、  
前記絶縁壁の屈折率  $n$  は、前記半導体層の屈折率よりも小さいことを特徴とする III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 2】 前記エッチングにより侵食された被侵食部の略全体は、

半田等の導電性材料、電極等を構成する金属層、絶縁層、前記絶縁壁、或いは、その他の熱伝導性を有する絶縁体又は導電体により埋められていることを特徴とする請求項 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 3】 前記共振器の平頂部のストライプ幅は、 $10\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 4】 前記絶縁壁又は前記絶縁層の屈折率  $n$  は、2 未満であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 5】 前記絶縁壁又は前記絶縁層は、酸化珪素、アルミナ等の酸化膜、又は窒化膜より形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 6】 前記共振器の平頂部の少なくとも一部分、及び、前記絶縁壁又は前記絶縁層の少なくとも一部分に、一連の金属層を積層することにより電極が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 7】 前記共振器の側壁、又は、前記複数の半導体層の前記エッチングにより残された侵食残骸部の側壁は、前記共振器の平頂部に対して傾斜したテーパ部を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 8】 前記絶縁壁又は前記絶縁層の一部分は、前記複数の半導体層の前記エッチングにより残された侵食残骸部の平頂部にまで、或いは、負電極又は負電極パットを構成する金属層の層上にまで、拡張されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 9】 正電極又は正電極パットを構成する金属層の一部が、前記絶縁壁又は前記絶縁層を間に介して、負電極又は負電極パットを構成する金属層の少なくとも一部分と重ねて積層されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 10】 前記基板は、導電性を有し、電極が形成又は接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 11】 ヒートシンク、リードフレーム、ステム、サブマウント等の基材の一部分、又は、正電極付近に配置される絶縁部材の少なくとも一部分は、

ダイヤモンド (C)、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、窒化アルミニウム (AlN)、炭化珪素 (SiC)、又はシリコン (Si) より形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

【請求項 12】 正電極が、ヒートシンク、リードフレーム、ステム、サブマウント等の基材に、又は、

これらの基材の表面上に成膜された金属製のリード電極に、或いは、前記正電極付近に配置された絶縁部材の表面上に成膜された金属製のリード電極に、インジウム (In)、又は少なくともインジウム (In) を含んだ導電性材料により接着されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、基板の上に III 族窒化物系化合物半導体から成る複数の半導体層を積層することにより形成される半導体レーザに関し、特に、光の閉じ込め効果や、或いは、ヒートシンク材等への放熱効果等を高度に検討した III 族窒化物系化合物半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 積層された半導体層の少なくとも  $n$  型半導体層の上面に至るまでをエッチングすることにより形成されたメサ形状又はリッジ形状の略平頂な島型の共振器を有する III 族窒化物系化合物半導体レーザとしては、例えば、公開特許公報「特開平 10-200213：窒化ガリウム系半導体レーザ」（以下、「従来技術 1」と言う。）に記載されているもの等が一般に知られている。本従来技術 1 の半導体レーザにおいては、メサ形状の平頂な島型の共振器が、 $n$  型半導体層 ( $n$  型コンタクト層) に至るまでをエッチングすることにより形成されており、メサ (共振器) が略垂直に立脚した構造と

なっている。

【0003】また、ヒートシンク材等への放熱効果を高めるために、電極近傍の熱伝導断面積を拡大した III 族窒化物系化合物半導体レーザとしては、例えば、公開特許公報「特開平 10-233549：窒化物半導体レーザダイオード」（以下、「従来技術 2」と言う。）に記載されているもの等が一般に知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術 2 の半導体レーザでは、一応の放熱効果は得られるものの、電流

10 狭窄作用が不十分となったり、或いは、活性層における光の閉じ込め効果が不十分となったりし、発振電圧のしきい値が十分抑制できないと言う問題が生じていた。

【0005】また、上記従来技術 1 及び上記従来技術 2 の半導体レーザにおいて、電流狭窄作用や光の閉じ込め効果を十分に得るためには、メサ幅（特に、共振器の活性層付近の幅）を 1~10  $\mu\text{m}$  程度にまで十分細くしなければなら

なければならない。しかし、このメサ幅をこの程度にまで細くすると、これに伴って共振器の平頂部の面積（幅）が狭くなるため、正電極の形成（成膜）が難しくな

20 ったり、或いは、一旦形成された正電極が半導体最上層（p 型コンタクト層）から剥離し易くなったりすると言う問題が生じる。

【0006】特に、従来技術 1 の半導体レーザの共振器については、n 型コンタクト層に至るまでをエッチングすることによりメサが形成されているため、共振器が縦方向に長く、更に、略垂直かつ単独で立脚しているため、メサ幅を細くすると、半導体レーザ製造工程の途中でメサにダメージが生じ易くなったりするなどの問題も派生する。また、従来技術 1 の半導体レーザのメサ幅

30 を細くすると、正電極側からの放熱のための熱伝導断面積が小さくなると言う問題も生じる。

【0007】また、上記従来技術 2 の半導体レーザにおいても、共振器の活性層からの直接的な水平方向への放熱経路については殆ど確保されていなかったため、十分な放熱効果が得られておらず、しきい値の上昇が十分に抑えられていなかった。

【0008】本発明は、上記の課題を解決するために成

されたものであり、その目的は、半導体レーザの共振器における上記の水平方向（横方向、即ち、共振器の側壁

40 に対して略垂直な方向）の光の閉じ込め効果を向上させることにより、或いは、共振器の放熱効果を十分に高めることにより、半導体レーザの発振しきい値を効果的に抑制することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。即ち、第 1 の手段は、基板の上に III 族窒化物系化合物半導体から成る複

数の半導体層を積層することにより形成される半導体レーザにおいて、これらの半導体層の最上面である第 1 伝

導型半導体層の上面より、少なくとも第 2 伝導型半導体層の上面に至るまでをエッチングすることにより形成された、メサ形状又はリッジ形状等の略平頂な島型の共振器を設け、共振方向に平行な共振器の少なくとも片側の側壁に共振器の平頂部のストライプ幅よりも厚い絶縁壁を設け、この絶縁壁の屈折率  $n$  を上記の半導体層の屈折率よりも小さくすることである。

【0010】ただし、上記の「第 1 伝導型」は、p 型で有っても n 型であっても良い。この第 1 伝導型が p 型のときは、上記の「第 2 伝導型」は n 型であり、また、この第 1 伝導型が n 型のときは、上記の「第 2 伝導型」は p 型である。

【0011】また、第 2 の手段は、上記の第 1 の手段において、エッチングにより侵食された被侵食部の略全体を半田等の導電性材料、電極等を構成する金属層、絶縁層、又は上記の絶縁壁、或いは、その他の熱伝導性を有する絶縁体又は導電体により埋めることである。

【0012】また、第 3 の手段は、上記の第 1 又は第 2 の手段において、共振器の平頂部のストライプ幅を 10  $\mu\text{m}$  未満にすることである。

【0013】また、第 4 の手段は、上記の第 1 乃至第 3 の何れか 1 つの手段において、絶縁壁又は絶縁層の屈折率  $n$  を 2 未満にすることである。

【0014】また、第 5 の手段は、上記の第 1 乃至第 4 の何れか 1 つの手段において、絶縁壁又は絶縁層を酸化珪素、アルミナ等の酸化膜、又は窒化膜より形成することである。

【0015】また、第 6 の手段は、上記の第 1 乃至第 5 の何れか 1 つの手段において、共振器の平頂部の少なくとも一部分、及び、絶縁壁又は絶縁層の少なくとも一部分に、一連の金属層を積層することにより電極を形成することである。

【0016】また、第 7 の手段は、上記の第 1 乃至第 6 の何れか 1 つの手段において、共振器の側壁、又は、複数の半導体層のエッチングにより残された侵食残骸部の側壁に、共振器の平頂部に対して傾斜したテーパ部を設けることである。

【0017】また、第 8 の手段は、上記の第 1 乃至第 7 の何れか 1 つの手段において、複数の半導体層のエッチングにより残された侵食残骸部の平頂部にまで、或いは、負電極又は負電極パットを構成する金属層の層上にまで、絶縁壁又は絶縁層の一部分を拡張することである。

【0018】また、第 9 の手段は、上記の第 1 乃至第 8 の何れか 1 つの手段において、正電極又は正電極パットを構成する金属層の一部を、絶縁壁又は絶縁層に間に介して、負電極又は負電極パットを構成する金属層の少なくとも一部分と重ねて積層することである。

【0019】また、第 10 の手段は、上記の第 1 乃至第 8 の何れか 1 つの手段において、半導体層が成長する基

5 板を導電性材料より構成し、この基板に電極を形成又は接続することである。

【0020】また、第11の手段は、上記の第1乃至第10の何れか1つの手段において、ヒートシンク、リードフレーム、ステム、サブマウント等の基材の一部分、又は、正電極付近に配置される絶縁部材の少なくとも一部分をダイヤモンド(C)、アルミナ( $Al_2O_3$ )、窒化アルミニウム( $AlN$ )、炭化珪素(SiC)、又はシリコン(Si)より形成することである。

【0021】更に、第12の手段は、上記の第1乃至第11の何れか1つの手段において、正電極を、ヒートシンク、リードフレーム、ステム、サブマウント等の基材に、又は、これらの基材の表面上に成膜された金属製のリード電極に、或いは、正電極付近に配置された絶縁部材の表面上に成膜された金属製のリード電極に、インジウム(In)、又は少なくともインジウム(In)を含んだ導電性材料により接着することである。以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

【0022】

【作用及び発明の効果】上記の第1の手段によれば、共振器の側壁に設けられる厚い絶縁壁により、光の閉じ込め効果が十分に得られると共に、共振器自体を十分に細く(薄く)形成することが可能となる。このため、電流狭窄や横方向(共振器の側壁に垂直な方向)の光閉じ込め効果の高い共振器が形成できるので、半導体レーザの発振しきい値を効果的に抑制することができる。

【0023】尚、上記の「第1伝導型」は、p型で有ってもn型であっても良く、本発明の作用・効果は、これらの型の反転に対して不変である。従って、以下簡単に説明を行うために、暗に「第1伝導型」がp型であることを仮定する場合があるが、このような仮定は、本発明を限定的に解釈するためのものではなく、単に通りの説明を容易にするためだけのものに過ぎない。

【0024】本発明による上記の様な高い放熱効果は、共振器の平頂部のストライプ幅が $10\mu m$ 未満と小さな場合に、特に重要(必要)となる。これは、このストライプ幅が小さくなると、共振器の平頂部の放熱断面積が非常に狭くなると同時に、電流狭窄による発熱が激しくなるためである。また、効率的に電流狭窄作用を得るためにも、共振器の平頂部のストライプ幅は、 $10\mu m$ 未満が良い。また、このストライプ幅は、より望ましくは $1\sim 5\mu m$ 程度であり、更により望ましい値としては、 $2\mu m$ 前後( $1\sim 3\mu m$ 程度)が理想的である。

【0025】また、活性層の側壁付近に形成される絶縁壁又は絶縁層の屈折率 $n$ は、高い光閉じ込め効果を得るためには、少なくとも「 $n < 2$ 」程度でなければならず、この値は小さい程よい。また、これらの絶縁壁又は絶縁層の熱伝導率は、大きいものほど高い放熱効果を示す。即ち、より具体的には、例えば、酸化珪素、アルミナ等の酸化膜、又は窒化膜等の屈折率が比較的小さく、且つ

熱伝導率が比較的大きな絶縁材料よりこれらの絶縁壁又は絶縁層を形成することが望ましい。

【0026】また、これらの絶縁壁又は絶縁層を共振器の平頂部付近に形成することにより、正電極を共振器の平頂部とこれらの絶縁壁又は絶縁層の両方の表面に渡ってより広く成膜することが可能となるため、正電極の形成(成膜)が容易になり、また、一旦形成された正電極が半導体最上層(p型コンタクト層)から剥離し難くなるという効果も得られる。

10 【0027】また、エッチングにより形成される共振器や侵食残骸部の側壁が略垂直に立脚している場合、特に、これらの側壁が深く(高く)形成されている場合等には、これらの側壁上に絶縁壁、絶縁膜、金属層等を成膜すると、形成される層にはムラがでやすく、略一様の厚さに成膜することが困難となる。しかしながら、本発明のテーパ部を備えることによりこれらの側壁を傾斜させて形成しておけば、側壁上に形成される絶縁壁、絶縁膜、金属層等の各層の厚さには、局所的なムラが生じ難くなり、これらの各層の積層は、容易、正確、且つ確実に(下層に対して密着させて)実施できる様になる。

【0028】また、侵食残骸部の平頂部にまで、或いは、負電極等を構成する金属層の上にまで、絶縁壁又は絶縁層の一部分を拡張することにより、これらの絶縁壁又は絶縁層を新たな放熱経路の一部とすれば、より高い放熱効果を得ることが可能となる。更に、本構成によれば、正電極をより広範に渡って形成することも可能となるため、この拡張された正電極を新たな放熱経路の一部とすることによっても、更により高い放熱効果を得ることが可能となる。

30 【0029】また、正電極等を構成する金属層の一部を、絶縁壁又は絶縁層を間に介して、負電極等を構成する金属層の少なくとも一部分と重ねて積層することにより、両電極間の熱伝導の効率を高めることが可能となる。これにより、両電極間の温度差が小さくなり、片側の電極に放熱流が偏る(集中する)現象が軽減されるため、より高い放熱効果を得ることが可能となる。

40 【0030】また、半導体層が成長する基板を導電性材料より構成し、この基板に電極を形成又は接続すれば、共振器の平頂部側の面には一方の電極のみを設ければ良いことになるため、共振器の平頂部付近の十分に広い領域(例えば、略全面)に渡って、放熱断面を確保することも可能となる。このような構成により放熱効果を極めて高いものにすることが可能である。

【0031】また、ヒートシンク等の基材の一部分、又は、正電極付近に配置される絶縁部材の少なくとも一部分を、例えばダイヤモンド(C)等の熱伝導率の高い絶縁材料より形成すれば、正電極と負電極との間に用いられるこれらの絶縁素子によって、本発明の放熱効果を更に高いものにすることができる。

50 【0032】例えば、絶縁効果が必要となる絶縁箇所に

限定的に、最小量のダイヤモンドを使用することにより、比較的安い材料コストで最大限の放熱効果を得ることが可能となる。また、この低コスト化は、極力薄い板形状のダイヤモンドを使用することにより実現でき、より望ましくは、水平に薄板状のダイヤモンドで形成された絶縁素子を配置すべきである。例えば、このような手段によれば、特に水平方向の熱伝導効果が顕著に増大するので、装置全体としても十分に高い放熱効果を比較的低コストで得ることができるようになる。

【0033】また、インジウム(In)は、融点が比較的低い(約157℃)ため、共振器平頂部付近の熱膨張と熱収縮による歪の量が大幅に削減でき、電極の剥離現象が抑制される。即ち、正電極を、ヒートシンク等の基材や、これらの基材等の表面に成膜されたリード電極等に、インジウム(In)、又は少なくともインジウム(In)を含んだ導電性材料により接着することにより、正電極の剥離を抑制することができる。これにより、正電極の剥離等による発光不均一が生じず、しきい値電流が低い半導体レーザを実現することができる。

【0034】また、インジウム(In)は常温でも比較的柔らかい金属であるため、この柔軟性によっても、上記の歪による応力を緩和することができる。尚、この応力緩和効果は、正電極又は共振器平頂部の幅が10μm未満の場合に、特に有効かつ顕著となる。これは、正電極と半導体層との間の境界面が狭い場合程、この境界面に応力が集中し易く、よって、この境界面が狭い場合程、応力緩和効果が有効かつ重要となるためである。

【0035】尚、エッチングにより侵食された被侵食部の略全体を金属層や絶縁体等の熱伝導性の高い材料で埋め込む等の手段によれば、即ち、例えば、共振器の活性層からの直接的な水平方向(上記の「横方向」)への放熱経路を十分確保する等の放熱対策によれば、半導体チップからヒートシンク等の基材への熱伝導断面積が格段に広がり、半導体層からの放熱効果を格段に高めることができるので、半導体レーザの発振しきい値を効果的に抑制することができる。また、これらの絶縁壁、金属層、絶縁材料等は、スパッタリング、蒸着、スピンコートなどの方法により、積層することができる。

【0036】本発明に係わる以上の作用・効果は、少なくとも  $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ ) にて表される2元系、3元系、若しくは4元系の半導体から成る半導体層が積層された III族窒化物系化合物半導体レーザに対して得ることができる。また、更に、III族元素の一部は、ボロン

(B)、タリウム(Tl)で置き換えても良く、また、窒素(N)の一部、或いは全部をリン(P)、砒素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)で置き換えても、上記の本発明の作用効果を得ることができる。

【0037】また、半導体結晶の成長基板には、サファイア、スピネル、シリコン、炭化シリコン、酸化亜鉛、

リン化ガリウム、砒化ガリウム、酸化マグネシウム、酸化マンガン、酸化ガリウムチタニウム( $LiGaO_2$ )、硫化モリブデン(MoS)等の材料を用いることができる。また、半導体結晶成長における導電性基板や、導電性を有するバッファ層についても、同様に公知の種類の材料を利用することができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。ただし、本発明は以下に示す実施例に限定されるものではない。

(第1実施例)図1は、本第1実施例における III族窒化物系化合物半導体レーザ100の模式的な断面図である。

【0039】サファイア基板101の上には、窒化アルミニウム(AlN)から成るバッファ層102が積層されている。更にその上には、シリコン(Si)ドープのGaNから成る高キャリア濃度  $n^+$  層、ノンドープの  $In_{0.03}Ga_{0.97}N$  から成る中間層、GaNから成る  $n$  型クラッド層、及び  $Al_{0.01}Ga_{0.99}N$  より成る  $n$  型の光ガイド層の順に積層された、計4層より成る  $n$  型層103が形成されている。更にその上には、公知の端面発光型レーザダイオードに見られる極一般的な多重量子井戸(MQW)構造の活性層104が形成されている。

【0040】この活性層104の上には、マグネシウム(Mg)ドープの  $Al_{0.01}Ga_{0.99}N$  から成る  $p$  型の光ガイド層、 $p$  型  $Al_{0.12}Ga_{0.88}N$  から成る  $p$  型クラッド層、及び Mg ドープの  $p$  型  $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$  から成る  $p$  型コンタクト層の順に積層された、計3層より成る  $p$  型層105が形成されている。

【0041】 $n$  型層103は、上方( $p$  型層105側)からのエッチングによりその大部分が露出され、本エッチングにより、基板に対して略垂直に立脚した平頂な共振器部分が形成されている。また、この共振器の両脇には、屈折率約1.4の  $SiO_2$  より成る絶縁壁110がスパッタリングにより形成されている。この絶縁壁110は、共振器側壁の略全面にわたって密着して形成されており、この絶縁壁110の厚さ(共振器の側壁に対して垂直な方向の太さ)は、共振器の太さよりも厚く構成されている。

【0042】更に、共振器の平頂部( $p$  型層105)の上には、ロジウム(Rh)より成る正電極106が、蒸着により成膜されている。また、 $n$  型層103の露出部には、ニッケル(Ni)より成る負電極107が、蒸着により成膜されている。

【0043】以上の様に III族窒化物系化合物半導体レーザ100を構成することにより、共振器の水平方向の幅(厚さ)、特に活性層104、 $p$  型層105の幅を1~3μm程度と非常に細くすることができる。

【0044】これらの構成により、高い電流狭窄効果が得られた。また、共振器の幅を細くした上で、活性層の

両脇を屈折率の低い絶縁材料（絶縁壁 110）で埋め込んだことにより、活性層から出力される光の横方向の閉じ込めが効果的に実施できた。

【0045】また、共振器の平頂部に形成される正電極 106 は、絶縁壁 110 の上にも形成され、正電極 106 の成膜面積が広がったため、正電極 106 が共振器平頂部より局所的に剥離することがなくなった。即ち、正電極 106 は、この平頂部に一様に密着して成膜された状態を安定して維持できる様になった。

【0046】また、活性層 104 及びその周辺で発生した熱は、共振器平頂部のみを放熱経路（熱伝導経路）とするにとどまらず、絶縁壁 110 及び絶縁壁 110 上に成膜された正電極 106 を介して、図略のヒートシンク側に放熱することができる様になった。これらの作用により、III族窒化物系化合物半導体レーザ 100 の発振しきい値を効果的に抑止することができた。

【0047】（第 2 実施例）図 2 は、本第 2 実施例における III族窒化物系化合物半導体レーザ 200 の模式的な断面図である。本半導体レーザ 200 は、第 1 実施例における半導体レーザ 100 と各半導体層の積層順序等

が同一であり、同一記号を付した各部分は、それぞれ物性や組成比等が略同じ材料で構成されている。本半導体レーザ 200 の主な特徴は、次の通りである。

【0048】（1）共振器の裾が太くなっている。即ち、n 型層 103 の一部（上記の n 型クラッド層、及び、高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層の一部）が、共振器を下方両脇より支持する構造になっている。これにより、共振器の物理的な強度が補強されるため、共振器の平頂部のストライプ幅を細く形成することが容易となる。従って、本構造により、光の閉じ込め効果をより容易に得ることができる。

【0049】（2）共振器の平頂部の一部に絶縁壁 110 の一部が拡張されて成膜されている。これら（1）、（2）の構成により、より高い電流狭窄効果が得られる。

【0050】（3）絶縁壁 110 の一部が負電極 107 の上にまで拡張して積層されており、この絶縁壁 110 の拡張部分を介して、正電極 106 の拡張部位と負電極 107 とが重ねて積層されている。この構造により、正電極 106 と負電極 107 との間の熱伝導効率が高まり、両電極間の温度差が低減されるため、片方の電極に放熱経路が集中することがない。従って、より高い放熱効果が得られる。

$$2 \leq D \leq 10 \text{ } [\mu\text{m}]$$

… (1)

【数 2】

$$2 \leq d_2 \leq 30 \text{ } [\mu\text{m}]$$

… (2)

【数 3】

$$0 \leq d_1 \leq 100 \text{ } [\mu\text{m}]$$

… (3)

【0051】これらの作用により、本 III族窒化物系化合物半導体レーザ 200 の発振しきい値は、前記の半導体レーザ 100（図 1）の発振しきい値と比べて、同等以上に効果的に抑止されている。

【0052】（第 3 実施例）図 3 は、本第 3 実施例における III族窒化物系化合物半導体レーザ 300 の模式的な断面図である。本半導体レーザ 300 は、第 1 実施例における半導体レーザ 100 と各半導体層の積層順序等が同一であり、同一記号を付した各部分は、それぞれ物性や組成比等が略同じ材料で構成されている。

【0053】サブマウント 20 は、銅（Cu）より構成されており、絶縁部材 21 は、ダイヤモンド又は炭化珪素等の熱伝導性の高い絶縁材料より構成されている。絶縁部材 21 の裏面には、銅より成る金属層 22 が成膜されており、絶縁部材 21 の表側には、銅より成るリード電極 14 が成膜されている。金属層 22 を有するこの絶縁部材 21 の裏側は、熱伝導性に優れる金（Au）又は、Au/Sn より成る半田材 12 により、サブマウント 20 に固定されている。

【0054】また、正電極 106 は、インジウム（In）又は、In/Sn より成る半田材 11 により、リード電極 14 に接続されており、更に、負電極 107 は、上記の半田材 12 により、サブマウント 20 に直接接続されている。半田材 13 は、各ワイヤー W をリード電極 14、或いは、サブマウント 20 に固定している。更に、これらの全体は、サブマウント 20 の底面において、上記の半田材 12 を用いて銅製のヒートシンク 19 に固定されている。

【0055】図 3 に示す以上の様な構成により、幅 D を有する共振器より発生する熱は、共振器の平頂部を有する上側の平面の略全面より、絶縁部材 21 やサブマウント 20 を介してヒートシンク 19 側に極めて効率よく放熱される。

【0056】尚、図 3 に示す本実施例の半導体レーザ 300 における両絶縁壁の厚さ d1、d2、各浸食残骸部の幅 L1、L2、及び、共振器の幅 D 等の値は、光閉じ込め効果（横方向）、電流狭窄効果、放熱効果（熱抵抗）、電気抵抗、或いは、量産される半導体ウエハの歩留り等に鑑み、それぞれおよそ以下の範囲内であることが望ましい。

【0057】

【数 1】



## 【数4】

$$0 \leq L1 \leq 100 \text{ } [\mu\text{m}]$$

… (4)

## 【数5】

$$0 \leq L2 \leq 100 \text{ } [\mu\text{m}]$$

… (5)

【0058】ただし、式(3)、(4)においては、 $d_1$ が0の場合には、 $L1$ も0でなければならない。例えば、この様な「 $d_1 = L1 = 0$ 」成る構成によれば、即ち、共振器の図面に向かって左側の側壁を空気等に直接露出させる場合には、正電極側の放熱断面積（よって、放熱効果）は小さくなるものの、光の横方向の閉じ込め効果は向上する。これは絶縁壁110の屈折率よりも、空気等の屈折率の方が遥かに小さいこと（ $n \approx 1$ ）によるものである。

【0059】また、右側の絶縁壁110の厚さ $d_2$ は、正電極106と負電極107とが短絡しない限りにおいて、共振器の幅D程度にまで薄い方が放熱効果の点でより望ましい。これらの構成により、半導体レーザ300の発振しきい値を十分に抑制することができる。

【0060】（第4実施例）エッチングにより侵食された被侵食部の略全体を金属層や絶縁体等の熱伝導性の高い材料で埋め込めば、即ち、例えば、共振器の活性層からの直接的な水平方向（横方向）への放熱経路を十分確保する等の放熱対策によれば、半導体チップからヒートシンク等の基材への熱伝導断面積が格段に広がり、半導体層からの放熱効果を格段に高めることができる。

【0061】図4は、サブマウント20にフェイスダウンでボンディングされた（逆さまに接着された）III族窒化物系化合物半導体レーザ400の模式的な断面図である。本半導体レーザ400は、第3実施例における半導体レーザ300と各半導体層の積層順序等が同一であり、同一記号を付した各部分は、それぞれ物性や組成比等が略同じ材料で構成されている。なお、熱伝導性の高い絶縁部材21の表面には、負電極107側に接続される銅製のリード電極16が成膜されており、この絶縁部材21は、ヒートシンク20に対して熱伝導性の高い接着剤30により固定されている。

【0062】本半導体レーザ400の主な特徴は、次の通りである。

(1) エッチングにより形成された共振器、及び負電極107が積層されている浸食残骸部の各側壁は、基板101の結晶成長面や共振器の平頂部に対して傾斜したテーパー部を有する。

(2) 半導体層及び負電極107の上方（ただし、本図4においては、下方）への露出面の略全面、即ち、共振器及び浸食残骸部の各平頂部の一部分を除いた上方への露出部の略全面に渡って絶縁層110が成膜されている。

(3) 更に、共振器の平頂部（幅 $\Delta$ ）の露出部（幅 $\delta$ ）

と、上記絶縁層110の層上には、上記浸食残骸部の平頂部を除いて略全面に、ロジウムより成る正電極106が形成されている。また、この正電極106の上面と負電極107の上面とは、略同じ高さに構成されている。

【0063】以上の様に半導体レーザ400を構成することにより、共振器から発生する熱は、正電極106、絶縁層110、及び負電極107の各部に直接或いは間接的に極めて効率よく伝導され、サブマウント20側に放熱される。また、正電極106と負電極107とは、比較的薄膜の絶縁層110を介して間接的に広く接触しているため、両電極間の温度差は従来技術1、2の構造のレーザに比べて格段に小さくなっている。このため、放熱経路が偏在することがない。即ち、本半導体レーザ400においては、リード電極16や半田材11を経由する熱伝導断面の略全面にわたって高い熱伝導作用を得ることができる。これらの構成により、半導体レーザ400においては、十分な放熱効果が得られ、これにより、発振しきい値の上昇が十分に抑止される。

【0064】（第5実施例）図5は、本第5実施例におけるIII族窒化物系化合物半導体レーザ500の模式的な断面図である。本半導体レーザ500は、前記の半導体レーザ300、或いは、前記の半導体レーザ400と各半導体層の積層順序等が同一であり、同一記号を付した各部分は、それぞれ物性や組成比等が略同じ材料で構成されている。また、絶縁性のサブマウント10は、熱伝導性の高いセラミックスより構成されており、その表面には、負電極107側に接続される銅製のリード電極16と、正電極106側に接続される銅製のリード電極14が成膜されている。

【0065】本半導体レーザ500の主な特徴は、次の通りである。

(1) エッチングにより形成された共振器及び浸食残骸部の各側壁は、傾斜している。これにより、その露出面上にその後積層される各層（107、110、106、109a、109b）は、ムラ無く略一様に密着して形成されている。

(2) 正電極106の上面（ただし、本図5においては、下方の面）の凹部（谷間）には、熱伝導性の高い熱伝導性材料109a、109bが積層されている。ただし、109bは、半田12の接着時の流出や、電極金属のマイグレーション等による両電極間の短絡を防止するために絶縁体より形成されたものである。また、109aは、電気伝導性を有する材料から形成しても、絶縁体109bと同じ材料から形成しても良い。



【0066】(3)これらの熱伝導性材料109a、109bや、金属製の正電極106、負電極107、絶縁壁110、及び半田材11により、半導体層103~105のエッチングによる被浸食部の略全体が埋められている。

(4)絶縁壁110の少なくとも活性層104近傍の厚さ(壁厚d)は、共振器の平頂部のストライプ幅Δよりも厚く形成せられている。この絶縁壁110の屈折率は約1.4程度であり、本絶縁壁110は、活性層104から出力される光の横方向への閉じ込めに寄与している。

(5)正電極106と負電極107とは、絶縁壁110の拡張部分である比較的薄膜の部分を通じて間接的に広く接触している。これにより、本半導体レーザ駆動時の両電極間の温度差は小さくなっている。

(6)半導体レーザ500の共振器、浸食残骸部、被浸食部の各幅D、L1、d1の適正範囲は、前記の式

(1)、(3)、(4)に概ね従うものであるが、特に本図5に示したものについては、これらの和「D+L1+d1」は、共振器平頂部のストライプ幅Δ(≒1~3μm)の約10倍以上になっている。また、本図5の半導体レーザ500においては、この和「D+L1+d1」と略同じ幅で、半田11により、正電極106がリード電極14に接続されている。

【0067】これらの構成により、横方向(水平方向)の高い光閉じ込め効果と高い放熱効果が同時に効率よく得られるため、上記半導体レーザ500は、発振しきい値が低く抑制されている。

【0068】(第6実施例)図6は、本第6実施例におけるIII族窒化物系化合物半導体レーザ600の模式的な断面図である。本半導体レーザ600は、前記の半導体レーザ300、半導体レーザ400、或いは、上記の半導体レーザ500に類似のものであり、これらの半導体レーザと略同様に、水平方向の光閉じ込め効果、又は放熱効果によりレーザ発振のしきい値が低く抑制されている。

【0069】本半導体レーザ600の主な特徴は、次の通りである。

(1)絶縁壁110が負電極107の平頂部の上面(ただし、本図6では下側)にまで拡張して形成されており、負電極107をサブマウント20に固定している半田12は、この絶縁壁110により、リード電極14や正電極106と短絡することが無い。

(2)正電極106は、多層構造をしており、その最上層の金属層106bは、マイグレーション等の劣化を起こし難い白金、コバルト等の耐蝕性の高い金属より形成されている。

(3)共振器の図面左側の側壁は、略垂直に立脚しており、直接空気、又は外気と接触する構造となっており、本構成により、光の横方向の閉じ込め効果が高い。これは絶縁壁110の屈折率よりも、空気等の屈折率の方が

遥かに小さいこと( $n \approx 1$ )によるものである。

【0070】(第7実施例)図7は、本第7実施例におけるIII族窒化物系化合物半導体レーザ700の模式的な断面図である。本半導体レーザ700は、前記の半導体レーザ400、又は500に類似のものであり、これらの半導体レーザと略同様に、水平方向の光閉じ込め効果、又は放熱効果によりレーザ発振のしきい値が低く抑制されている。

【0071】本半導体レーザ700の主な特徴は、次の通りである。

(1)半導体結晶を成長させる基板1010及びバッファ層1020は、導電性を有している。

(2)基板1010の裏面には、金属製の負電極107が形成されている。

(3)正電極106は、絶縁壁110の略全面に渡って形成されており、更に、半田材11により、銅製のヒートシンク19に直接広面積(略全面)に渡って接着されている。

(4)銅製のヒートシンク19の表面には、凹凸面が形成されている。これら(1)~(4)の構成により、本半導体レーザ700のヒートシンク19に対する熱伝導断面積は、極めて大きくなっている。

【0072】(5)絶縁壁110は、屈折率nの小さなSiO<sub>2</sub>( $n \approx 1.4$ )より形成されており、この絶縁壁110の活性層104近傍の壁厚dは、共振器平頂部の正電極106の接触幅δ(或いは、共振器平頂部のストライプ幅Δ)よりも厚い。

(6)共振器の幅(太さ)、及び絶縁壁110の厚さは、共振器平頂部に近づくにつれて細く(薄く)なっている。これら(5)、(6)の構成により、絶縁壁110による横方向の光の閉じ込め効果を十分に維持しつつ、熱伝導性を最大限に確保することができる。

【0073】これらの作用により、III族窒化物系化合物半導体レーザ700の発振しきい値を効果的に抑止することができる。

【0074】尚、上記の各実施例におけるn型層およびp型層は、それぞれ複数の層で構成してもよく、単数の層構成としても良い。また、活性層、及びその他の層は、任意の混晶比の4元、3元、2元系のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>In<sub>y</sub>N(0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x + y ≤ 1)としても良い。

【0075】また、上記の各実施例におけるIII族窒化物系化合物半導体より成る各半導体層は、4元系のAlGaInN、3元系のAlGaInN、GaInN、AlInN、2元系のAlN、GaN、InN、及び、これらにIII族元素をドーピングしたもの、V族元素をドーピングしたものでも良い。又、AlGaInNにおけるN(窒素)の一部(或いは全部)を例えば、P、As、Sb等と置換したAlGaInNP、AlGaInNSb等でも良い。即ち、一般に、本

発明の半導体レーザを構成する III 族窒化物系化合物半導体より成る各半導体層は、窒素を含む III 族-V 族化合物半導体なら使用可能である。

【0076】また、バッファ層には、AlN、AlGa<sub>N</sub>、Ga<sub>N</sub>、InAlGa<sub>N</sub> 等の III 族窒化物系化合物半導体の他にも、窒化チタン(TiN)、窒化ハフニウム(HfN)等の金属窒化物や、酸化亜鉛(ZnO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)等の金属酸化物を用いてもよい。

【0077】また、高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層は、シリコン(Si)ドープの窒化ガリウム(GaN)より形成しても良いが、或いは、上記の III 族窒化物系化合物半導体に、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)等の IV 族元素、又は、VI 族元素をドープすることにより形成しても良い。

【0078】また、半導体結晶の成長基板には、サファイア基板やシリコン(Si)基板の他にも、炭化珪素(SiC)、Ga<sub>N</sub>、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、酸化亜鉛(ZnO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)等を用いることができる。

【0079】尚、本発明の各手段は、面発光型の半導体レーザに対して適応した場合にも有効であり、このような場合においても一般に、端面発光型の半導体レーザの場合と同様に、本発明の作用・効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 100 の模式的な断面図。

【図2】本発明の第2実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 200 の模式的な断面図。

【図3】本発明の第3実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 300 の模式的な断面図。

【図4】本発明の第4実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 400 の模式的な断面図。

【図5】本発明の第5実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 500 の模式的な断面図。

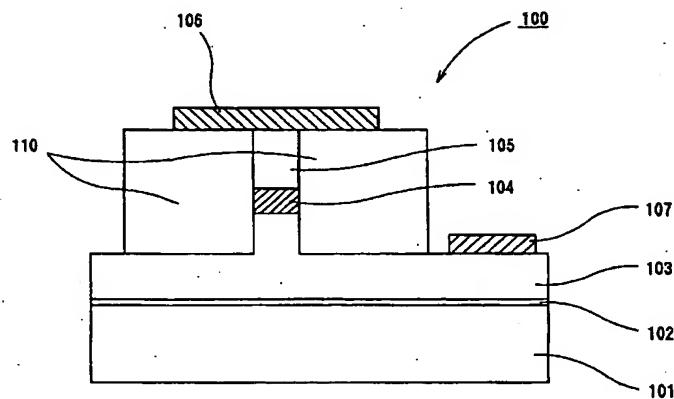
【図6】本発明の第6実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 600 の模式的な断面図。

【図7】本発明の第7実施例における III 族窒化物系化合物半導体レーザ 700 の模式的な断面図。

【符号の説明】

- 10、20… サブマウント  
21 … 絶縁部材  
11、12、  
13 … 導電性接着材(半田材等)  
14 … リード電極(p側)  
16 … リード電極(n側)  
19 … ヒートシンク(又は、ステム)  
100、200、300、400、500、600、  
700 … III 族窒化物系化合物半導体レーザ  
101 … 結晶成長基板  
20 102 … バッファ層  
103 … n型層  
104 … 活性層  
105 … p型層  
106 … 正電極  
107 … 負電極  
110 … 絶縁壁又は絶縁層  
1010… 導電性基板  
W … リード線

【図1】

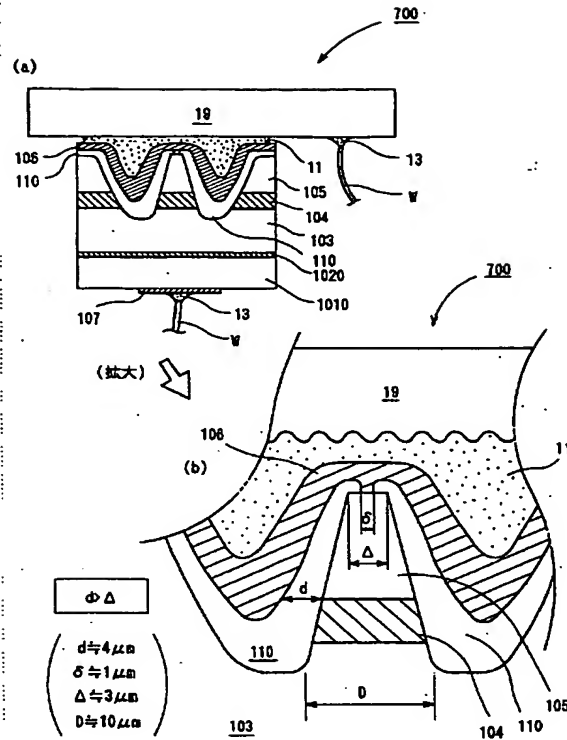


A cross-sectional view of a semiconductor device 200. The device consists of a substrate 101 with a thin layer 102 on top. A thick layer 103 is formed on top of 102. On the left side of layer 103, there is a recessed region 104. A layer 110 is formed on the top surface of layer 103, extending over the recessed region 104. A layer 106 is formed on top of layer 110. A layer 105 is formed on top of layer 106, extending over the recessed region 104. A layer 107 is formed on the right side of layer 103, adjacent to the recessed region 104. A layer 110 is also formed on top of layer 107. A layer 106 is formed on top of layer 110. A layer 105 is formed on top of layer 106, extending over the recessed region 104. A layer 107 is formed on the right side of layer 103, adjacent to the recessed region 104. A layer 110 is also formed on top of layer 107. A layer 106 is formed on top of layer 110. A layer 105 is formed on top of layer 106, extending over the recessed region 104.

[illegible]

[illegible]
$$\left( \begin{array}{l} \Delta \approx 1 \sim 3 \mu\text{m} \\ D \approx 5 \sim 10 \mu\text{m} \end{array} \right)$$
[illegible]

【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 永井 誠二  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
 番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 山崎 史郎  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
 番地 豊田合成株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA11 AA22 AA74 CA07 CB05  
 CB07 CB22 CB23 DA21 DA30  
 EA23 EA29 FA14 FA15 FA16  
 FA22 FA30